

BEST AVAILABLE COPY

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-226919

(43)Date of publication of application : 15.08.2003

(51)Int.Cl. C21D 9/40
C21D 1/06
C23C 8/32
F16C 33/32
F16C 33/34
F16C 33/64

(21)Application number : 2002-194793 (71)Applicant : NTN CORP
(22)Date of filing : 03.07.2002 (72)Inventor : OKI TSUTOMU

(30)Priority

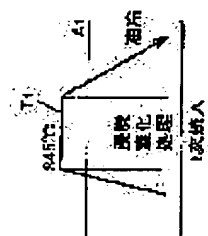
Priority number : 2001364516 Priority date : 29.11.2001 Priority country : JP

(54) BEARING PART AND ROLL BEARING

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide bearing parts which have high crack resistance and dimensional stability, and have an elongated rolling service life, and to provide a roll bearing.

SOLUTION: The roll bearing 10 has an inner ring 2, an outer ring 1 and a plurality of rolling elements 3. At least one member selected from the inner ring, outer ring and rolling elements has a carbo-nitrided layer, and the grain size number of the old austenite crystal grains of the member lies in the range of No.>10.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 07.04.2005

[Date of sending the examiner's decision of

rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.**** shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Anti-friction bearing which any one member has a carbonitriding layer at least among said inner ring of spiral wound gasket, an outer ring of spiral wound gasket, and a rolling element, and is in the range in which the grain-size number of the austenite crystal grain of the member exceeds No. 10 in anti-friction bearing which has an inner ring of spiral wound gasket, an outer ring of spiral wound gasket, and two or more rolling elements.

[Claim 2] Bearing parts which are the bearing parts built into anti-friction bearing, have a carbonitriding processing layer, and are in the range in which the grain-size number of austenite crystal grain exceeds No. 10.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] About the bearing parts and anti-friction bearing which are used for a reducer, a drive pinion, the bearing for transmission, etc., the rolling fatigue property of this invention is long lasting, and it relates to the bearing parts and anti-friction bearing which have advanced crack-proof reinforcement and a secular-proof dimensional change.

[0002]

[Description of the Prior Art] As the heat treatment approach of giving a longevity life to rolling fatigue of bearing parts, ammonia gas is further added in the ambient atmosphere RX gas at the time of hardening heating, and there is a method of performing carbonitriding processing to the surface section of the bearing parts (for example, JP,8-4774,A, JP,11-101247,A). By using this carbonitriding approach, the surface section can be stiffened, retained austenite can be made to be able to generate all over a microstructure, and a rolling fatigue life can be raised.

[0003]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the above-mentioned carbonitriding art is a diffusion process which diffuses carbon and nitrogen, it is necessary to hold it to a long duration elevated temperature. For this reason, it is difficult for an organization to do making it big and rough etc., and to aim at improvement in crack-proof reinforcement. Moreover, increase of the rate of a secular dimensional change by the increment in retained austenite also poses a problem.

[0004] In order to secure a longevity life to rolling fatigue, to raise crack reinforcement on the other hand and to prevent increase of the rate of a secular dimensional change, it is possible to cope with it by adjusting a presentation by the alloy designing of steel. However, according to alloy designing, troubles, like raw-material cost becomes high occur.

[0005] It is required that future bearing parts should be equipped with the property which is big loading condition and can be used more at an elevated temperature rather than before with the formation of the Takani pile of an operating environment and elevated-temperature-izing. For this reason, with high intensity, a rolling fatigue property is long lasting and the bearing parts which have advanced crack-proof reinforcement and dimensional stability are needed.

[0006] This invention has advanced crack-proof reinforcement and dimensional stability, and aims at offering bearing parts and anti-friction bearing excellent in the rolling fatigue life.

[0007]

[Means for Solving the Problem] Anti-friction bearing of this invention is anti-friction bearing which has an inner ring of spiral wound gasket, an outer ring of spiral wound gasket, and two or more rolling elements. In this anti-friction bearing, any one member has a carbonitriding layer at least among an inner ring of spiral wound gasket, an outer ring of spiral wound gasket, and a rolling element, and it is in the grain-size number of the austenite crystal grain of that member exceeding No. 10.

[0008] A rolling fatigue life is sharply improvable that austenite particle size is detailed. Less than in No. 10, since a rolling fatigue life does not improve greatly, the grain-size number of austenite particle

size considers as the range exceeding No. 10. Usually, they may be more than No. 11. Although austenite particle size is so desirable that it is fine, it is difficult to usually obtain the grain-size number exceeding No. 13. In addition, the austenite grain of the above-mentioned bearing parts does not change in the surface section greatly influenced of carbonitriding processing, or the interior inside it, either. Therefore, let the locations set as the object of the range of the above-mentioned grain size number be the surface section and the interior.

[0009] The members of the inner ring of spiral wound gasket in the above-mentioned anti-friction bearing, an outer ring of spiral wound gasket, or two or more rolling elements are bearing parts built into anti-friction bearing. When the grain-size number of the austenite grain of the bearing parts is in the above-mentioned range, a rolling fatigue life improves.

[0010]

[Embodiment of the Invention] Next, the gestalt of operation of this invention is explained using a drawing. Drawing 1 is the outline sectional view showing anti-friction bearing in the gestalt of operation of this invention. In drawing 1, this anti-friction bearing 10 mainly has the outer ring of spiral wound gasket 1, the inner ring of spiral wound gasket 2, and the rolling element 3. Although the drawing expresses radial bearing, a ball bearing, circular-cone roller bearing, roller bearing, and needle roller bearing are similarly set as the object of the gestalt of operation of this invention. The rolling element 3 is supported possible [rolling] by the cage arranged between an outer ring of spiral wound gasket 1 and an inner ring of spiral wound gasket 2.

[0011] Next, heat treatment including the carbonitriding processing performed to the outer ring of spiral wound gasket of these anti-friction bearings, an inner ring of spiral wound gasket, and at least one bearing parts of a rolling element is explained. Drawing 2 is drawing explaining the heat treatment approach in the gestalt of operation of this invention. Moreover, drawing 3 is drawing explaining the modification of the heat treatment approach in the gestalt of operation of this invention. Drawing 2 is a heat treatment pattern in which how to perform primary hardening and secondary hardening is shown, and drawing 3 is a heat treatment pattern in which it is in the middle of hardening, an ingredient is cooled under to A1 transformation-point temperature, it reheats after that, and hardening ***** is finally shown. Both are the examples of a mode of operation of this invention. In these drawings, by processing T1, after making the base of steel diffuse carbon and nitrogen and fully performing carbonaceous penetration again, it cools less than [A1 transformation point]. Next, in the processing T2 in drawing, rather than processing T1, it reheats at low temperature and oil-quenching is performed from there.

[0012] Carbonitriding a surface part rather than it continues at hardening, i.e., carbonitriding processing, and usually hardens the above-mentioned heat treatment once as it is, crack reinforcement can be raised and the rate of a secular dimensional change can be decreased. As mentioned above, according to the above-mentioned heat treatment approach, the microstructure which becomes 1/2 or less [conventional] about the particle size of austenite crystal grain can be obtained. The bearing parts which received the above-mentioned heat treatment have a long lasting rolling fatigue property, crack reinforcement can be raised, and the rate of a secular dimensional change can also be decreased.

[0013] Drawing 4 is drawing showing the microstructure, especially austenite grain of bearing parts. Drawing 4 (a) is the bearing parts of the example of this invention, and drawing 4 (b) is the conventional bearing parts. That is, the austenite grain size of the bearing steel which applied the heat treatment pattern shown in above-mentioned drawing 2 is shown in drawing 4 (a). Moreover, the austenite grain size of the bearing steel by the conventional heat treatment approach is shown in drawing 4 (b) for a comparison. Moreover, drawing 5 (a) and drawing 5 (b) are drawings showing the austenite grain boundary illustrating above-mentioned drawing 4 (a) and drawing 4 (b). From the organization which shows these austenite grain sizes, the conventional austenite particle size is No. 10 by the grain-size number of JIS, and according to the heat treatment approach by this invention, it can obtain the fine grain of No. 12. Moreover, the mean particle diameter of drawing 4 (a) was 5.6 micrometers as a result of measuring with microtomy.

[0014]

[Example] Next, the example of this invention is explained.

[0015] (Example 1) The example 1 of this invention was performed using JIS SUJ2 material (1.0 % of the weight C-0.25 % of the weight Si-0.4 % of the weight Mn-1.5 % of the weight Cr). The manufacture hysteresis of each sample shown in Table 1 is shown below.

[0016]

[Table 1]

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭窒 化处理品	普通焼 入品
二次焼入 温度(°C)	780 ¹⁾	800	815	830	850	870	-	-
水素量 (ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
結晶粒度 (JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
シャルピー衝撃 値(J/cm ²)	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破壊応力値 (MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
転動疲労 寿命比(L ₁₀)	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 今回は、焼入不足のため評価できなかった

[0017] : (Sample A-D; example of this invention) For [850 degrees-C / of carbonitriding processings /, and holding-time] 150 minutes. The ambient atmosphere was made into the mixed gas of RX gas and ammonia gas. In the heat treatment pattern shown in drawing 2 , primary hardening was performed from the carbonitriding processing temperature of 850 degrees C, it heated at 780 degrees C - 830 degrees C of temperature regions lower subsequently than carbonitriding processing temperature, and secondary hardening was performed. However, since hardening was insufficient, the sample A with a secondary hardening temperature of 780 degrees C was removed from the experimental object.

: (Samples E and F; example of a comparison) Carbonitriding processing was performed for the same hysteresis as example A-D of this invention, and secondary hardening temperature was performed at 850 degrees C - 870 degrees C with a carburization nitrification temperature of 850 degrees C or more.

: (Conventional carbonitriding processing article; example of a comparison) For [850 degrees-C / of carbonitriding processings /, and holding-time] 150 minutes. The ambient atmosphere was made into the mixed gas of RX gas and ammonia gas. It hardened as it is from carbonitriding processing temperature, and secondary hardening was not performed.

: (Usually hardening article; example of a comparison) Without performing carbonitriding processing, it heats at 850 degrees C and burned. Secondary hardening was not performed.

[0018] Each trial of measurement of measurement of the amount of (1) hydrogen, measurement of (2) grain size numbers, (3) Charpy impact tests, and (4) breaking-stress value and (5) rolling fatigue test ** was performed to the above-mentioned sample. Next, these test methods are explained.

[0019] I The amount of measurement hydrogen of the amount of test-method (1) hydrogen of an example 1 analyzed the amount of nondiffusible hydrogen in steel by the DH-103 mold hydrogen analysis apparatus made from LECO. The amount of diffusible hydrogen is not measured. The specification of this DH-103 mold hydrogen analysis apparatus made from LECO is shown below.

[0020] analysis range: -- 0.01-50.00 ppm analysis precision: -- **0.1 ppm or **3%H (either -- size -- the way)

analysis sensibility: -- 0.01 ppm detection method: -- thermal conductivity method sample weight size: -
- 10mg - 35g (max: diameter [of 12mm] x die length of 100mm)

heating furnace temperature requirement: -- 50 degrees C - 1100 degree-C reagent: -- Anh Hy Delon Mg (ClO₄)₂ Ascarite NaOH carrier gas: -- nitrogen gas, GASUDOJINGUGASU:hydrogen gas, and any gas

are 99.99% or more of purity, and pressure 40PSI (2.8 kgf/cm²).

[0021] The outline of a measurement procedure is as follows. The sample extracted with the sampler of dedication is inserted in the above-mentioned hydrogen analysis apparatus the whole sampler. Internal diffusible hydrogen is led to a thermal conductivity detector by nitrogen carrier gas. This diffusibility nature hydrogen is not measured by this example. Next, a sample is heated within a drawing resistance heating furnace from a sampler, and nondiffusible hydrogen is led to a thermal conductivity detector with nitrogen carrier gas. The amount of nondiffusible hydrogen can be known by measuring thermal conductivity in a thermal conductivity detector.

(2) Measurement of the measurement grain size number of a grain size number was performed based on the austenite grain size test method of the steel of JIS G 0551.

(3) The Charpy impact test Charpy impact test was performed based on the Charpy impact test approach of the metallic material of JIS Z 2242. U notch test piece (JIS No. 3 test piece) shown in JIS Z 2202 was used for the test piece.

(4) Measurement drawing 6 of a breaking stress value is drawing showing the test piece of a ***** strength test (measurement of a breaking stress value). A load until it carries out the load of the load in the direction of P in drawing and it breaks is measured. Then, it converts into a stress value by the stress formula of a deflection beam showing the acquired breaking load below. In addition, a test piece is not restricted to the test piece shown in drawing 6, but may use the test piece of other configurations.

[0022] If textile stress [in / for the textile stress in the convex front face of the test piece of drawing 6 / signal and a concaved surface] is set to sigma2, sigma1 and sigma2 will be calculated by the following formula (strength-of-materials A4 -40 edited by mechanical-engineering handbook A4). Here, a cross sectional area and e1 express a circumradius, and, as for e2, the axial tension of the cross section where N includes the shaft of a test piece in a circle, and A express an inradius. Moreover, kappa is the section modulus of a deflection beam.

[0023] $\sigma_1 = (N/A) + \{M/(Arho)\} [1 + e1/\{\kappa(rho + e1)\}]$

$\sigma_2 = (N/A) + \{M/(Arho)\} [1 - e2/\{\kappa(rho - e2)\}]$

The test condition of a $\kappa = -(1/A) \int \eta / (rho + \eta) dA$ (5) rolling fatigue test and a rolling fatigue life trial is shown in Table 2. Moreover, drawing 7 is the schematic diagram of a rolling fatigue life testing machine. Drawing 7 (a) is a front view and drawing 7 (b) is a side elevation. In drawing 7 (a) and (b), the rolling fatigue life test piece 21 is driven with a drive roll 11, contacts a ball 13 and is rotated. It is the ball of "(3/4), a ball 13 is guided to a guidance roll, and it rolls, doing high planar pressure mutually between the rolling fatigue life test pieces 21.

[0024] II Test result of an example 1 (1) The conventional [having carried out the amount carbonitriding processing of hydrogen] carbonitriding processing article serves as 0.72 ppm and a very high value. Since the ammonia (NH₃) contained in the ambient atmosphere of carbonitriding processing decomposed and hydrogen invaded into steel, this is considered. On the other hand, in sample B-D, the amount of hydrogen is decreasing even to about 0.37-0.40 ppm and one half. This amount of hydrogen is the usually same level as a hardening article.

[0025] Embrittlement of the steel resulting from dissolution of hydrogen is mitigable with reduction of the above-mentioned amount of hydrogen. That is, the Charpy impact value of sample B-D of the example of this invention improves greatly by reduction of the amount of hydrogen.

(2) When a grain size number grain size number has secondary hardening temperature lower than the temperature of hardening at the time of carbonitriding processing (primary hardening), in sample B-D, the austenite grain is notably made detailed with the grain size number numbers 11-12. Samples E and F and conventionally, the austenite grain of a carbonitriding processing article and a common hardening article is the grain size number number 10, and is big and rough crystal grain from sample B-D of the example of this invention.

(3) As for the Charpy impact value of sample B-D of the example of this invention, according to the Charpy impact test table 1, as compared with the Charpy impact value of a carbonitriding processing article being 5.33 J/cm² conventionally, as high 6.30-6.65J/cm² a value as 2 is acquired. Also in this, the one where secondary hardening temperature is lower shows the inclination for Charpy impact value to

become high. The Charpy impact value of a hardening article is usually as high as 6.70 J/cm².

(4) The measurement above-mentioned breaking stress value of a breaking stress value is equivalent to crack-proof reinforcement. According to Table 1, the carbonitriding processing article serves as a breaking stress value of 2330MPa(s) conventionally. As compared with this, the value with which the breaking stress value of sample B-D has improved with 2650-2840MPa is acquired. The breaking stress values of a hardening article are 2770MPa(s), and are usually equivalent to the breaking stress value of sample B-F. It is presumed that the crack-proof reinforcement by which such sample B-D was improved is located in a line with detailed-ization of austenite crystal grain, and its effectiveness by reduction of hydrogen content is large.

(5) According to the rolling fatigue test table 1, the rolling fatigue life L10 is usually the lowest reflecting a hardening article not having a carbonitriding layer in the surface section. As compared with this, the rolling fatigue life of a carbonitriding processing article becomes 3.1 times conventionally. The rolling fatigue life of sample B-D improves conventionally more sharply than a carbonitriding processing article. The samples E and F of this invention are almost equivalent to a carbonitriding processing article conventionally.

[0026] If the above is summarized, hydrogen content falls, an austenite grain size will be made detailed by more than No. 11, and, as for sample B-D of the example of this invention, Charpy impact value, crack-proof reinforcement, and a rolling fatigue life will also be improved.

[0027] (Example 2) An example 2 is explained below. A series of trials were performed about A material, following B material, and following C material. It was presupposed using JIS SUJ2 material (1.0 % of the weight C-0.25 % of the weight Si-0.4 % of the weight Mn-1.5 % of the weight Cr) that it is common to A material - C material at the material for heat treatment. The manufacture hysteresis of A material - C material is as follows.

: (A material: Example of a comparison) Only hardening is usually (carbonitriding processing is not carried out).

: (B material: Example of a comparison) It burns as it is after carbonitriding processing (the conventional carbonitriding hardening). For [carbonitriding processing temperature / of 845 degrees C /, and holding-time] 150 minutes. The ambient atmosphere of carbonitriding processing was made into RX gas + ammonia gas.

: (C material: Example of this invention) Bearing steel which gave the heat treatment pattern of drawing 2. For [carbonitriding processing temperature / of 845 degrees C /, and holding-time] 150 minutes. The ambient atmosphere of carbonitriding processing was made into RX gas + ammonia gas. The last hardening temperature was made into 800 degrees C.

[0028] (1) The test condition and testing device of a rolling fatigue life rolling fatigue life trial are as being shown in Table 2 and drawing 7, as mentioned above. This rolling fatigue life test result is shown in Table 3.

[0029]

[Table 2]

試験片	φ12×L22 円筒試験片
試験数	10 個
相手鋼球	3/4" (19.05mm)
接触面圧	5.88GPa
負荷速度	46240cpm
潤滑油	タービン VG68 強制循環給油

[0030]

[Table 3]

材質	寿命(負荷回数)		L ₁₀ の比
	L ₁₀ (×10 ⁴ 回)	L ₁₀ (×10 ⁴ 回)	
A 材	8017	18648	1.0
B 材	24656	33974	3.1
C 材	43244	69031	5.4

[0031] According to Table 3, B material of the example of a comparison shows 3.1 times of L₁₀ life (life which one piece damages among ten test pieces) of A material which similarly only usually hardened in the example of a comparison, and the effectiveness of the reinforcement by carbonitriding processing is accepted. On the other hand, C material of the example of this invention shows the 1.74 times of B material, and 5.4 times as many longevity life as A material. It is thought that the main factor of this amelioration is based on detailed-ization of a microstructure.

[0032] (2) The Charpy impact test Charpy impact test was performed by the approach according to above-mentioned JISZ2242 using U notch test piece. A test result is shown in Table 4.

[0033]

[Table 4]

材質	シャルピー衝撃値 (J/cm ²)	衝撃値の比
A 材	6.7	1.0
B 材	5.3	0.8
C 材	6.7	1.0

[0034] Although the Charpy impact value of B material (example of a comparison) which performed carbonitriding processing was not usually higher than A material (example of a comparison) of hardening, the value with C material equivalent to A material was acquired.

[0035] (3) Trial drawing 8 of a static fracture toughness value is drawing showing the test piece of a static fracture toughness test. After introducing a crack into the notch section of this test piece about 1mm beforehand, the static load by three-point bending was added to it, and it was asked for the breaking load P. The (I) type shown below was used for calculation of a fracture toughness value (K_{Ic} value). Moreover, a test result is shown in Table 5.

$$K_{Ic} = (PL\sqrt{a}/BW^2) \{5.8-9.2(a/W)+43.6(a/W)^2-75.3(a/W)^3+77.5(a/W)^4\} \text{ -- (I)}$$

[0036]

[Table 5]

材質	試験数	K _{Ic} (MPa√m)	K _{Ic} の比
A 材	3 個	16.3	1.0
B 材	3 個	16.1	1.0
C 材	3 個	18.9	1.2

[0037] Since it came beforehand and the crack depth became larger than the carbonitriding layer depth, there is no difference in A material and B material of the example of a comparison. However, C material of the example of this invention was able to obtain one about 1.2 times the value of this to the example of a comparison.

[0038] (4) ***** strength test (measurement of a breaking stress value)

The thing of the configuration shown in drawing 6 as mentioned above was used for the piece of a ***** strength test. The load was added in the direction of P among drawing, and the ***** strength test was performed. A test result is shown in Table 6.

[0039]

[Table 6]

材質	試験数	静圧破壊強度 (kgf)	静圧破壊強度の比
A 材	3 個	4200	1.00
B 材	3 個	3500	0.84
C 材	3 個	4300	1.03

[0040] B material which is performing carbonitriding processing is a value usually a little lower than A material of hardening. However, ***** reinforcement of C material of this invention improves rather than B material, and A material and the level which is not inferiority are obtained.

[0041] (5) The measurement result of the rate retention temperature of a secular dimensional change of 130 degrees C and the rate of a secular dimensional change in holding-time 500 hours is combined with surface hardness and the amount of retained austenites (0.1mm depth), and is shown in Table 7.

[0042]

[Table 7]

材質	試験数	表面硬度 (HRC)	残留 γ 量 (%)	寸法変化率 ($\times 10^{-5}$)	寸法変化率の比 ^{a)}
A 材	3 個	62.5	9.0	18	1.0
B 材	3 個	63.6	28.0	35	1.9
C 材	3 個	60.0	11.3	22	1.2

*: 小さい方が優れている

[0043] Compared with the rate of a dimensional change of B material with many amounts of retained austenites, it turns out that C material of the example of this invention is controlled by 1/2 or less.

[0044] (6) The rolling fatigue life under the foreign matter mixing lubrication which carried out specified quantity mixing of the standard foreign matter was evaluated using the life test ball bearing 6206 under foreign matter mixing lubrication. A test condition is shown in Table 8, and a test result is shown in Table 9.

[0045]

[Table 8]

荷重	Fr=6.86kN
接触面圧	Pmax=3.2Gpa
回転速度	2000rpm
潤滑	タービン 56 油浴給油
異物量	0.4g/1000cc
異物	粒径 100~180 μ m、硬さ Hv800

[0046]

[Table 9]

材質	L_{10} 寿命 (h)	L_{10} の比
A 材	20.0	1.0
B 材	50.2	2.5
C 材	45.8	2.3

[0047] Compared with A material, B material which performed the conventional carbonitriding processing increased about 2.5 times, and, as for C material of the example of this invention, the about 2.3 times as many longevity life as this was obtained. Although C material of the example of this invention has little retained austenite compared with B material of the example of a comparison, the almost equivalent longevity life is obtained under invasion of nitrogen, and the effect of a microstructure made detailed.

[0048] The above-mentioned result showed that the bearing parts manufactured by C material of the example of this invention, i.e., the heat treatment approach of this invention, could be satisfied with the conventional carbonitriding processing of three items of reduction of the reinforcement of the difficult rolling fatigue life, improvement in crack reinforcement, and the rate of a secular dimensional change at coincidence.

[0049] It should be thought that the gestalt of the operation indicated this time is [no] instantiation at points, and restrictive. The range of this invention is shown by the above-mentioned not explanation but claim, and it is meant that all modification in a claim, equal semantics, and within the limits is included.

[0050]

[Effect of the Invention] Since austenite particle size of bearing parts is made detailed more than to No. 11 by the grain-size number and hydrogen content is also reduced after forming a carbonitriding processing layer by using the bearing parts and anti-friction bearing of this invention, a rolling fatigue life is improved greatly and the outstanding crack-proof reinforcement and the outstanding secular-proof dimensional change can be obtained.

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2003-226919

(P2003-226919A)

(43) 公開日 平成15年8月15日 (2003.8.15)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード(参考)
C 2 1 D 9/40		C 2 1 D 9/40	A 3 J 1 0 1
1/06		1/06	A 4 K 0 2 8
C 2 3 C 8/32		C 2 3 C 8/32	4 K 0 4 2
F 1 6 C 33/32		F 1 6 C 33/32	
33/34		33/34	

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2002-194793(P2002-194793)
(22) 出願日 平成14年7月3日(2002.7.3)
(31) 優先権主張番号 特願2001-364516(P2001-364516)
(32) 優先日 平成13年11月29日(2001.11.29)
(33) 優先権主張国 日本(J P)

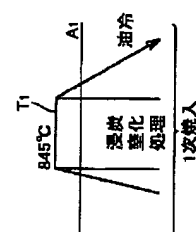
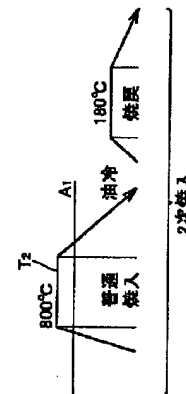
(71) 出願人 000102692
NTN株式会社
大阪府大阪市西区京町堀1丁目3番17号
(72) 発明者 大木 力
三重県桑名市大字東方字尾弓田3066 エヌ
ティエヌ株式会社内
(74) 代理人 100064746
弁理士 深見 久郎 (外5名)
Fターム(参考) 3J101 AA02 AA12 AA32 AA42 AA52
AA62 BA10 BA70 DA02 EA03
FA31 FA44 GA11
4K028 AA03 AB01 AC01
4K042 AA22 BA01 BA02 BA04 DA01

(54) 【発明の名称】 軸受部品および転がり軸受

(57) 【要約】

【課題】 高度の耐割れ強度と寸法安定性とを有し、転動疲労寿命に優れた軸受部品および転がり軸受を提供する。

【解決手段】 内輪2、外輪1および複数の転動体3を有する転がり軸受10であって、内輪、外輪および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材が浸炭窒化層を有し、その部材の旧オーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内輪、外輪および複数の転動体を有する転がり軸受において、前記内輪、外輪および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材が浸炭窒化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある、転がり軸受。

【請求項2】 転がり軸受に組み込まれる軸受部品であって、浸炭窒化処理層を有し、オーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超える範囲にある、軸受部品。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、減速機、ドライブピニオン、トランスミッション用軸受などに用いられる軸受部品および転がり軸受に関し、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度や耐経年寸法変化を有する軸受部品および転がり軸受に関するものである。

【0002】

【従来の技術】軸受部品の転動疲労に対して長寿命を与える熱処理方法として、焼入れ加熱時の雰囲気RXガス中にさらにアンモニアガスを添加するなどして、その軸受部品の表層部に浸炭窒化処理を施す方法がある（たとえば特開平8-4774号公報、特開平11-101247号公報）。この浸炭窒化処理法を用いることにより、表層部を硬化させ、ミクロ組織中に残留オーステナイトを生成させ、転動疲労寿命を向上させることができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記の浸炭窒化処理方法は炭素および窒素を拡散させる拡散処理であるため、長時間高温に保持する必要がある。このため、組織が粗大化する等して耐割れ強度の向上を図ることは困難である。また、残留オーステナイトの増加による経年寸法変化率の増大も問題となる。

【0004】一方、転動疲労に対して長寿命を確保し、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率の増大を防ぐために、鋼の合金設計により組成を調整することによって対処することが可能である。しかし合金設計によると、原材料コストが高くなるなどの問題点が発生する。

【0005】今後の軸受部品には、使用環境の高荷重化、高温化に伴い、従来よりも、大きな荷重条件でかつより高温で使用できる特性を備えることが要求される。このため、高強度で、転動疲労特性が長寿命で、高度の耐割れ強度と寸法安定性を有する軸受部品が必要になる。

【0006】本発明は、高度の耐割れ強度と寸法安定性を有し、転動疲労寿命に優れた軸受部品および転がり軸受を提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の転がり軸受は、内輪、外輪および複数の転動体を有する転がり軸受である。この転がり軸受では、内輪、外輪および転動体のうち少なくともいずれか一つの部材が浸炭窒化層を有し、その部材のオーステナイト結晶粒の粒度番号が10番を超えることにある。

【0008】オーステナイト粒径が微細であることにより、転動疲労寿命を大幅に改良することができる。オーステナイト粒径の粒度番号が10番以下では、転動疲労寿命は大きく改善されないで、10番を超える範囲とする。通常、11番以上とする。オーステナイト粒径は細かいほど望ましいが、通常、13番を超える粒度番号を得ることは難しい。なお、上記の軸受部品のオーステナイト粒は、浸炭窒化処理の影響を大きく受けている表層部でも、それより内側の内部でも変化しない。したがって、上記の結晶粒度番号の範囲の対象となる位置は、表層部および内部とする。

【0009】上記の転がり軸受における内輪、外輪および複数の転動体のうちのいずれかの部材は、転がり軸受に組み込まれる軸受部品である。その軸受部品のオーステナイト粒の粒度番号が上記範囲にあるとき転動疲労寿命が向上する。

【0010】

【発明の実施の形態】次に図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。図1は、本発明の実施の形態における転がり軸受を示す概略断面図である。図1において、この転がり軸受10は、外輪1と、内輪2と、転動体3とを主に有している。図面はラジアル軸受を表しているが、玉軸受、円すいころ軸受、ころ軸受、ニードルころ軸受も同様に本発明の実施の形態の対象になる。転動体3は、外輪1と内輪2との間に配置された保持器により転動可能に支持されている。

【0011】次に、これら転がり軸受の外輪、内輪および転動体の少なくとも1つの軸受部品に行なう浸炭窒化処理を含む熱処理について説明する。図2は、本発明の実施の形態における熱処理方法を説明する図である。また、図3は、本発明の実施の形態における熱処理方法の変形例を説明する図である。図2は1次焼入れおよび2次焼入れを行なう方法を示す熱処理パターンであり、図3は焼入れ途中で材料をA₁変態点温度未満に冷却し、その後、再加熱して最終的に焼入れる方法を示す熱処理パターンである。どちらも本発明の実施の態様例である。これらの図において、処理T1では鋼の素地に炭素や窒素を拡散させまた炭素の溶け込みを十分に行なった後、A₁変態点未満に冷却する。次に、図中の処理T2において、処理T1よりも低温に再加熱し、そこから油焼入れを施す。

【0012】上記の熱処理を普通焼入れ、すなわち浸炭窒化処理に引き続いてそのまま1回焼入れするよりも、表層部分を浸炭窒化しつつ、割れ強度を向上させ、経年

寸法変化率を減少することができる。上述したように、上記の熱処理方法によれば、オーステナイト結晶粒の粒径を従来の2分の1以下となるマイクロ組織を得ることができる。上記の熱処理を受けた軸受部品は、転動疲労特性が長寿命であり、割れ強度を向上させ、経年寸法変化率も減少させることができる。

【0013】図4は軸受部品のマイクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。図4(a)は本発明例の軸受部品であり、図4(b)は従来の軸受部品である。すなわち、上記図2に示す熱処理パターンを適用した軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(a)に示す。また、比較のため、従来の熱処理方法による軸受鋼のオーステナイト結晶粒度を図4(b)に示す。また、図5(a)および図5(b)は、上記図4(a)および図4

(b)を図解したオーステナイト結晶粒界を示す図である。これらオーステナイト結晶粒度を示す組織より、従来のオーステナイト粒径はJIS規格の粒度番号で10番であり、また本発明による熱処理方法によれば12番の細粒を得ることができる。また、図4(a)の平均粒径は、切片法で測定した結果、5.6 μ mであった。

【0014】

【実施例】次に本発明の実施例について説明する。

【0015】(実施例1) JIS規格SUJ2材(1.0重量% C-0.25重量% Si-0.4重量% Mn-1.5重量% Cr)を用いて、本発明の実施例1を行なった。表1に示した各試料の製造履歴を以下に示す。

【0016】

【表1】

試料	A	B	C	D	E	F	従来浸炭窒 化処理品	普通焼 入品
二次焼入 温度(℃)	780 ¹⁾	800	815	830	850	870	-	-
水素量 (ppm)	-	0.37	0.40	0.38	0.42	0.40	0.72	0.38
結晶粒度 (JIS)	-	12	11.5	11	10	10	10	10
シャルピー衝撃 値(J/cm ²)	-	6.65	6.40	6.30	6.20	6.30	5.33	6.70
破壊応力値 (MPa)	-	2840	2780	2650	2650	2700	2330	2770
転動疲労 寿命比(L ₁₀)	-	5.4	4.2	3.5	2.9	2.8	3.1	1

1) 今回は、焼入不足のため評価できなかった

【0017】(試料A~D; 本発明例): 浸炭窒化処理850℃、保持時間150分間。雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。図2に示す熱処理パターンにおいて、浸炭窒化処理温度850℃から1次焼入れを行ない、次いで浸炭窒化処理温度より低い温度域780℃~830℃に加熱して2次焼入れを行なった。ただし、2次焼入温度780℃の試料Aは焼入不足のため試験の対象から外した。

(試料E、F; 比較例): 浸炭窒化処理は、本発明例A~Dと同じ履歴で行ない、2次焼入れ温度を浸炭窒素処理温度850℃以上の850℃~870℃で行なった。

(従来浸炭窒化処理品; 比較例): 浸炭窒化処理850℃、保持時間150分間。雰囲気は、RXガスとアンモニアガスとの混合ガスとした。浸炭窒化処理温度からそのまま焼入れを行ない、2次焼入れは行わなかった。

(普通焼入れ品; 比較例): 浸炭窒化処理を行わずに、850℃に加熱して焼き入れた。2次焼入れは行わなかった。

【0018】上記の試料に対して、(1)水素量の測定、(2)結晶粒度の測定、(3)シャルピー衝撃試験、(4)破壊応力値の測定、(5)転動疲労試験、の各試験を行なった。次にこれらの試験方法について説明

する。

【0019】I 実施例1の試験方法

(1)水素量の測定

水素量は、LECO社製DH-103型水素分析装置により、鋼中の非拡散性水素量を分析した。拡散性水素量は測定していない。このLECO社製DH-103型水素分析装置の仕様を下記に示す。

【0020】分析範囲: 0.01~50.00ppm

分析精度: ± 0.1 ppmまたは $\pm 3\%$ H (いずれか大なるほう)

分析感度: 0.01ppm

検出方式: 熱伝導度法

試料重量サイズ: 10mg~35g (最大: 直径12mm×長さ100mm)

加熱炉温度範囲: 50℃~1100℃

試薬: アンハイドロン $Mg(ClO_4)_2$ 、アスカライト NaOH

キャリアガス: 窒素ガス、ガスドージングガス: 水素ガス、いずれのガスも純度99.99%以上、圧力40PSI (2.8kgf/cm²)である。

【0021】測定手順の概要は以下のとおりである。専用のサンプラーで採取した試料をサンプラーごと上記の

水素分析装置に挿入する。内部の拡散性水素は窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導かれる。この拡散性水素は本実施例では測定しない。次に、サンプラーから試料を取り出し抵抗加熱炉内で加熱し、非拡散性水素を窒素キャリアガスによって熱伝導度検出器に導く。熱伝導度検出器において熱伝導度を測定することによって非拡散性水素量を知ることができる。

(2) 結晶粒度の測定

結晶粒度の測定は、JIS G 0551の鋼のオーステナイト結晶粒度試験方法に基づいて行なった。

(3) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、JIS Z 2242の金属材料のシャルピー衝撃試験方法に基づいて行なった。試験片は、JIS Z 2202に示されたUノッチ試験片(JIS 3号試験片)を用いた。

(4) 破壊応力値の測定

図6は、静圧壊強度試験(破壊応力値の測定)の試験片を示す図である。図中のP方向に荷重を負荷して破壊されるまでの荷重を測定する。その後、得られた破壊荷重を、下記に示す曲がり梁の応力計算式により応力値に換算する。なお、試験片は図6に示す試験片に限られず、他の形状の試験片を用いてもよい。

【0022】図6の試験片の凸表面における繊維応力を σ_1 、凹表面における繊維応力を σ_2 とすると、 σ_1 および σ_2 は下記の式によって求められる(機械工学便覧A4編材料力学A4-40)。ここで、Nは円環状試験片の軸を含む断面の軸力、Aは横断面積、 e_1 は外半径、 e_2 は内半径を表す。また、 κ は曲がり梁の断面係数である。

【0023】 $\sigma_1 = (N/A) + \{M / (A\rho_0)\} [1 + e_1 / \{\kappa(\rho_0 + e_1)\}]$

$\sigma_2 = (N/A) + \{M / (A\rho_0)\} [1 - e_2 / \{\kappa(\rho_0 - e_2)\}]$

$\kappa = - (1/A) \int_A \{ \eta / (\rho_0 + \eta) \} dA$

(5) 転動疲労試験

転動疲労寿命試験の試験条件を表2に示す。また、図7は、転動疲労寿命試験機の概略図である。図7(a)は正面図であり、図7(b)は側面図である。図7(a)および(b)において、転動疲労寿命試験片21は、駆動ロール11によって駆動され、ボール13と接触して回転している。ボール13は、(3/4)"のボールであり、案内ロールにガイドされて、転動疲労寿命試験片21との間で高い面圧を及ぼし合いながら転動する。

【0024】II 実施例1の試験結果

(1) 水素量

浸炭窒化処理したままの従来浸炭窒化処理品は、0.72ppmと非常に高い値となっている。これは、浸炭窒化処理の雰囲気に含まれるアンモニア(NH₃)が分解して水素が鋼中に侵入したためと考えられる。これに対して、試料B~Dは、水素量は0.37~0.40pp

mと半分近くまで減少している。この水素量は普通焼入れ品と同じレベルである。

【0025】上記の水素量の低減により、水素の固溶に起因する鋼の脆化を軽減することができる。すなわち、水素量の低減により、本発明例の試料B~Dのシャルピー衝撃値は大きく改善されている。

(2) 結晶粒度

結晶粒度は2次焼入れ温度が、浸炭窒化処理時の焼入れ(1次焼入れ)の温度より低い場合、すなわち試料B~Dの場合、オーステナイト粒は、結晶粒度番号11~12と顕著に微細化されている。試料EおよびFならびに従来浸炭窒化処理品および普通焼入れ品のオーステナイト粒は、結晶粒度番号10であり、本発明例の試料B~Dより粗大な結晶粒となっている。

(3) シャルピー衝撃試験

表1によれば、従来浸炭窒化処理品のシャルピー衝撃値は5.33J/cm²であるのに比して、本発明例の試料B~Dのシャルピー衝撃値は6.30~6.65J/cm²と高い値が得られている。この中でも、2次焼入れ温度が低いほうがシャルピー衝撃値が高くなる傾向を示す。普通焼入れ品のシャルピー衝撃値は6.70J/cm²と高い。

(4) 破壊応力値の測定

上記破壊応力値は、耐割れ強度に相当する。表1によれば、従来浸炭窒化処理品は2330MPaの破壊応力値となっている。これに比して、試料B~Dの破壊応力値は2650~2840MPaと改善された値が得られる。普通焼入れ品の破壊応力値は2770MPaであり、試料B~Fの破壊応力値と同等である。このような、試料B~Dの改良された耐割れ強度は、オーステナイト結晶粒の微細化と並んで、水素含有率の低減による効果が大きいと推定される。

(5) 転動疲労試験

表1によれば、普通焼入れ品は浸炭窒化層を表層部に有しないことを反映して、転動疲労寿命 L_{10} は最も低い。これに比して従来浸炭窒化処理品の転動疲労寿命は3.1倍となる。試料B~Dの転動疲労寿命は従来浸炭窒化処理品より大幅に向上する。本発明の試料E、Fは、従来浸炭窒化処理品とほぼ同等である。

【0026】上記をまとめると、本発明例の試料B~Dは、水素含有率が低下し、オーステナイト結晶粒度が11番以上に微細化され、シャルピー衝撃値、耐割れ強度および転動疲労寿命も改善される。

【0027】(実施例2)次に実施例2について説明する。下記のA材、B材およびC材について、一連の試験を行なった。熱処理用素材には、JIS規格SUJ2材(1.0重量% C - 0.25重量% Si - 0.4重量% Mn - 1.5重量% Cr)を用い、A材~C材に共通とした。A材~C材の製造履歴は次のとおりである。

(A材:比較例):普通焼入れのみ(浸炭窒化処理せ

ず)。

(B材：比較例)：浸炭窒化処理後にそのまま焼き入れる(従来の浸炭窒化焼入れ)。浸炭窒化処理温度845℃、保持時間150分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RXガス+アンモニアガスとした。

(C材：本発明例)：図2の熱処理パターンを施した軸受鋼。浸炭窒化処理温度845℃、保持時間150分間。浸炭窒化処理の雰囲気は、RXガス+アンモニアガスとした。最終焼入れ温度は800℃とした。

【0028】(1) 転動疲労寿命

転動疲労寿命試験の試験条件および試験装置は、上述したように、表2および図7に示すとおりである。この転動疲労寿命試験結果を表3に示す。

【0029】

【表2】

試験片	φ12×L22円筒試験片
試験数	10個
相手鋼球	3/4" (19.05mm)
接触面圧	5.88GPa
負荷速度	46240cpm
潤滑油	タービンVG68 強制循環給油

【0030】

【表3】

材質	寿命(負荷回数)		L ₁₀ の比
	L ₁₀ (×10 ⁴ 回)	L ₁₀ (×10 ⁴ 回)	
A材	8017	18648	1.0
B材	24656	33974	3.1
C材	43244	69031	5.4

$$K_{Ic} = (PL\sqrt{a/BW^2}) \{ 5.8 - 9.2(a/W) + 43.6(a/W)^2 - 75.3(a/W)^3 + 77.5(a/W)^4 \} \dots (I)$$

【0036】

【0031】表3によれば、比較例のB材は、同じく比較例で普通焼入れのみを施したA材のL₁₀寿命(試験片10個中1個が破損する寿命)の3.1倍を示し、浸炭窒化処理による長寿命化の効果が認められる。これに対して、本発明例のC材は、B材の1.74倍、またA材の5.4倍の長寿命を示している。この改良の主因はミクロ組織の微細化によるものと考えられる。

【0032】(2) シャルピー衝撃試験

シャルピー衝撃試験は、Uノッチ試験片を用いて、上述のJISZ2242に準じた方法により行なった。試験結果を表4に示す。

【0033】

【表4】

材質	シャルピー衝撃値 (J/cm ²)	衝撃値の比
A材	6.7	1.0
B材	5.3	0.8
C材	6.7	1.0

【0034】浸炭窒化処理を行なったB材(比較例)のシャルピー衝撃値は、普通焼入れのA材(比較例)より高くないが、C材はA材と同等の値が得られた。

【0035】(3) 静的破壊靱性値の試験

図8は、静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。この試験片のノッチ部に、予き裂を約1mm導入した後、3点曲げによる静的荷重を加え、破壊荷重Pを求めた。破壊靱性値(K_{Ic}値)の算出には次に示す(I)式を用いた。また、試験結果を表5に示す。

【表5】

材質	試験数	K _{Ic} (MPa√m)	K _{Ic} の比
A材	3個	16.3	1.0
B材	3個	16.1	1.0
C材	3個	18.9	1.2

【0037】予き亀裂深さが浸炭窒化層深さよりも大きくなったため、比較例のA材とB材とは違いはない。しかし、本発明例のC材は比較例に対して約1.2倍の値を得ることができた。

【0038】(4) 静圧壊強度試験(破壊応力値の測定)

静圧壊強度試験片は、上述のように図6に示す形状のものを用いた。図中、P方向に荷重を付加して、静圧壊強度試験を行なった。試験結果を表6に示す。

【0039】

【表6】

材質	試験数	静圧壊強度(kgf)	静圧壊強度の比
A材	3個	4200	1.00
B材	3個	3500	0.84
C材	3個	4300	1.03

【0040】浸炭窒化処理を行なっているB材は普通焼入れのA材よりもやや低い値である。しかしながら、本発明のC材は、B材よりも静圧壊強度が向上し、A材と遜色ないレベルが得られている。

【0041】(5) 経年寸法変化率

保持温度130℃、保持時間500時間における経年寸

法変化率の測定結果を、表面硬度、残留オーステナイト量(0.1mm深さ)と併せて表7に示す。

【0042】

【表7】

材質	試験数	表面硬度 (HRC)	残留 γ 量(%)	寸法変化率 ($\times 10^{-5}$)	寸法変化率 の比 ^{a)}
A材	3個	62.5	9.0	18	1.0
B材	3個	63.6	28.0	35	1.9
C材	3個	60.0	11.3	22	1.2

*: 小さい方が優れている

【0043】残留オーステナイト量の多いB材の寸法変化率に比べて、本発明例のC材は2分の1以下に抑制されていることがわかる。

【0044】(6) 異物混入潤滑下における寿命試験玉軸受6206を用い、標準異物を所定量混入させた異物混入潤滑下での転動疲労寿命を評価した。試験条件を表8に、また試験結果を表9に示す。

【0045】

【表8】

荷重	Fr=6.86kN
接触面圧	Pmax=3.2Gpa
回転速度	2000rpm
潤滑	タービン56 油浴給油
異物量	0.4g/1000cc
異物	粒径100~180 μ m、硬さHv800

【0046】

【表9】

材質	L_{10} 寿命 (h)	L_{10} の比
A材	20.0	1.0
B材	50.2	2.5
C材	45.8	2.3

【0047】A材に比べ、従来の浸炭窒化処理を施したB材は約2.5倍になり、また、本発明例のC材は約2.3倍の長寿命が得られた。本発明例のC材は、比較例のB材に比べて残留オーステナイトが少ないものの、窒素の侵入と微細化されたマイクロ組織の影響ではほぼ同等の長寿命が得られている。

【0048】上記の結果より、本発明例のC材、すなわち本発明の熱処理方法によって製造された軸受部品は、従来の浸炭窒化処理では困難であった転動疲労寿命の長寿命化、割れ強度の向上、経年寸法変化率の低減の3項目を同時に満足することができることがわかった。

【0049】今回開示された実施の形態はすべての点で

例示であって制限的なものではないと考えられるべきである。本発明の範囲は上記した説明ではなくて特許請求の範囲によって示され、特許請求の範囲と均等の意味および範囲内でのすべての変更が含まれることが意図される。

【0050】

【発明の効果】本発明の軸受部品および転がり軸受を用いることにより、浸炭窒化処理層を形成した上で、軸受部品のオーステナイト粒径を粒度番号で11番以上に微細化し、水素含有率も低減されるため、転動疲労寿命が大きく改善され、優れた耐割れ強度や耐経年寸法変化を得ることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施の形態における転がり軸受を示す概略断面図である。

【図2】 本発明の実施の形態における熱処理方法を説明する図である。

【図3】 本発明の実施の形態における熱処理方法の変形例を説明する図である。

【図4】 軸受部品のマイクロ組織、とくにオーステナイト粒を示す図である。(a)は本発明例の軸受部品であり、(b)は従来の軸受部品である。

【図5】 (a)は図4(a)を図解したオーステナイト粒界を示し、(b)は図4(b)を図解したオーステナイト粒界を示す。

【図6】 静圧壊強度試験(破壊応力値の測定)の試験片を示す図である。

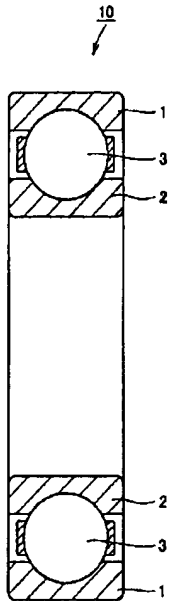
【図7】 転動疲労寿命試験機の概略図である。(a)は正面図であり、(b)は側面図である。

【図8】 静的破壊靱性試験の試験片を示す図である。

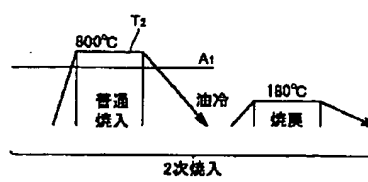
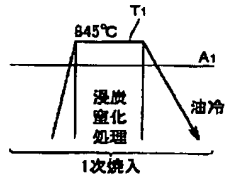
【符号の説明】

1 外輪、2 内輪、3 転動体、10 転がり軸受、11 駆動ロール、12 案内ロール、13 (3/4)" ボール、21 転動疲労寿命試験片、T1 浸炭窒化処理温度、T2 焼入れ加熱温度。

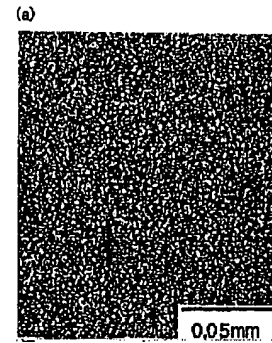
【図1】



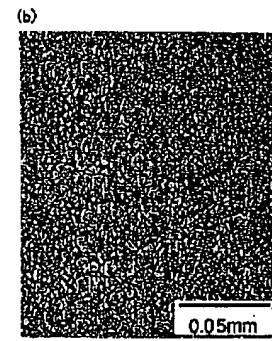
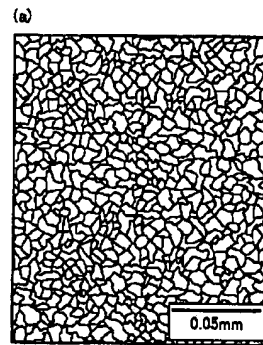
【図2】



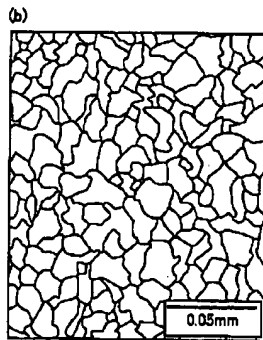
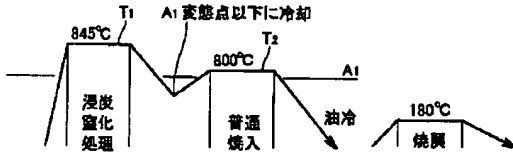
【図4】



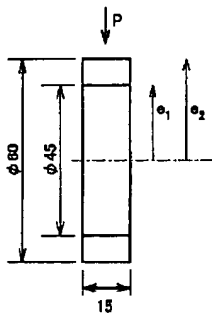
【図5】



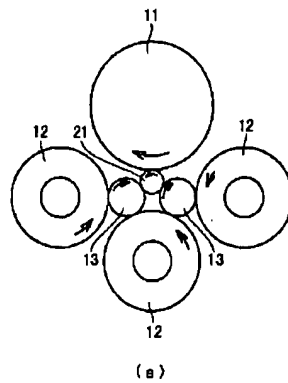
【図3】



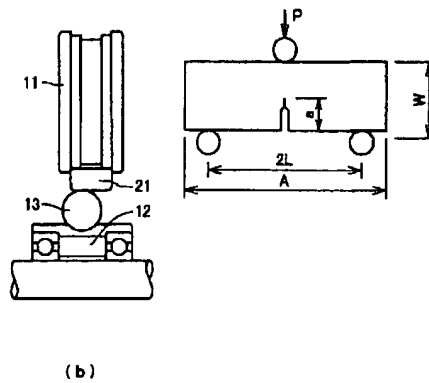
【図6】



【図7】



【図8】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁷
F 1 6 C 33/64

識別記号

F I
F 1 6 C 33/64

キーワード(参考)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.